



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2012-0034718
(43) 공개일자 2012년04월12일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H01L 51/42 (2006.01)
- (21) 출원번호 10-2012-7000392
- (22) 출원일자(국제) 2010년06월07일
심사청구일자 없음
- (85) 번역문제출일자 2012년01월05일
- (86) 국제출원번호 PCT/EP2010/057889
- (87) 국제공개번호 WO 2010/139803
국제공개일자 2010년12월09일
- (30) 우선권주장
10 2009 024 294.5 2009년06월05일 독일(DE)
10 2009 051 142.3 2009년10월29일 독일(DE)

- (71) 출원인
헬리아텍 게엠베하
독일 드레스덴 트라이틀러슈트라쎄 3 (우:01139)
- (72) 발명자
매니그, 베르트
독일 01099 드레스덴 퍼스트라이슈트라쎄 4
우리히, 크리스티안
독일 01307 드레스덴 버크하르트슈트라쎄 1
(뒷면에 계속)
- (74) 대리인
남상선

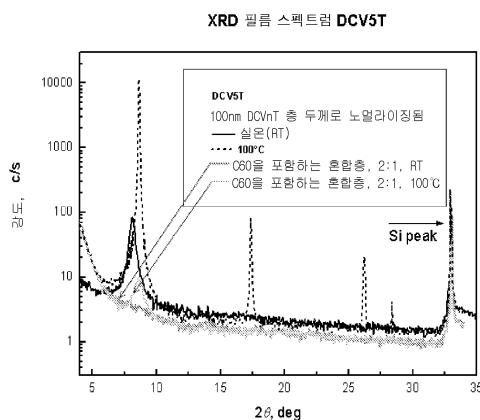
전체 청구항 수 : 총 15 항

(54) 발명의 명칭 반전 층 시퀀스를 포함하는 광활성 컴포넌트, 및 상기 컴포넌트의 생성 방법

(57) 요 약

본 발명은 유기 층들을 포함하는 광활성 컴포넌트, 특히 광활성 i-층 시스템을 포함하는 태양 전지에 관한 것으로, 적어도 하나의 혼합층을 포함하고, 상기 혼합층은 적어도 하나의 도너 물질 및 하나의 억셉터 물질을 포함하고, 그에 따라 도너-억셉터 시스템을 형성한다. 혼합층의 도너 물질 및 억셉터 물질은 비-고분자 물질들이다. 진공에서, 도너 물질은 억셉터 물질의 증발 온도보다 낮은 적어도 150°C인 증발 온도를 가지고 각각 n-층, i-층, 또는 p-층 시스템의 n-i-p, i-p, 또는 n-i 구조를 갖는 반전 층 시퀀스를 가지며, 여기서 유기 광활성 i-층 시스템은 캐소드 상에 또는 전자-전도성 n-물질 시스템 상에 바로 적용된다.

대 표 도 - 도 1



(72) 발명자
왈처, 카르스텐
독일 01099 드레스덴 비쇼프스베크 28 게하스
파이퍼, 마르틴
독일 01309 드레스덴 스페너슈트라쎄 21

와이난즈, 레이비드
독일 01309 드레스덴 하이든슈트라쎄 44

특허청구의 범위

청구항 1

전극 및 상대전극 및 상기 전극들 사이에 적어도 하나의 유기 광활성 i-층 시스템을 포함하는 유기 광활성 컴포넌트로서,

- (i) 상기 광활성 i-층 시스템은 적어도 하나의 혼합층을 포함하고,
- (ii) 상기 혼합층은 적어도 하나의 도너(donor) 물질 및 하나의 억셉터(acceptor) 물질을 포함함으로써 상기 혼합층은 도너-억셉터 시스템을 형성하며,
- (iii) 상기 혼합층의 상기 도너 물질 및 상기 억셉터 물질은 비-고분자 물질들이고,
- (iv) 상기 도너 물질은 억셉터 물질의 증발 온도보다 낮은 적어도 150°C인 진공에서의 증발 온도를 가지고, 그리고
- (v) n-, i-, 또는 p-층 시스템의 각각의 경우에 구성된 n-i-p, i-p, 또는 n-i 구조로 구성된 반전 층 시퀀스를 가지고, 상기 유기 광활성 i-층 시스템은 캐소드 또는 전자-전도성 n-물질 시스템상에 직접적으로 적용되는,

유기 광활성 컴포넌트.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 컴포넌트는 하나 이상의 층들로 구성되는 p- 및/또는 n-물질 시스템을 포함하는,

유기 광활성 컴포넌트.

청구항 3

제 1 항 또는 제 2 항에 있어서,

상기 p- 및/또는 n-물질 시스템은 450nm 미만의 파장 범위에서 흡수 최대치를 가지는 하나 이상의 도핑된 와이드-갭(wide-gap) 층들을 포함하는,

유기 광활성 컴포넌트.

청구항 4

제 1 항 내지 제 3 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 입사 광의 광학 경로를 확장하기 위한 광 트랩들이 상기 활성 시스템에 형성되는,

유기 광활성 컴포넌트.

청구항 5

제 4 항에 있어서,

상기 광 트랩은 도핑된 와이드-갭 층이 상기 i-층에 대하여 매끄러운 인터페이스 및 상기 접속에 대하여 주기적 마이크로구조의 인터페이스를 갖는다는 점에서 실현되는,

유기 광활성 컴포넌트.

청구항 6

제 4 항에 있어서,

상기 광 트랩은 상기 컴포넌트가 주기적 마이크로구조의 기판상에서 구성되고 상기 컴포넌트의 균일한 기능, 즉 전체 영역에 걸친 전기장의 균일한 분배 및 단락-프리(short-circuit-free) 접속-연결은 도핑된 와이드-갭 층의

사용에 의해 보장된다는 사실에 의해 실현되는,
유기 광활성 컴포넌트.

청구항 7

제 1 항 내지 제 6 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 컴포넌트는 제 1 전자-전도 층(n-층)과 상기 기판상에 위치한 상기 전극 사이에 p-도핑 층을 포함하고, 그 결과 pnip 또는 pni 구조를 포함하는,

유기 광활성 컴포넌트.

청구항 8

제 1 항 내지 제 7 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 컴포넌트는 상기 광활성 i-층과 상기 기판상에 위치한 상기 전극 사이에 p-도핑 층을 포함하고, 그 결과 pip 또는 pi 구조를 포함하고, 상기 추가 p-도핑 층은 최대 0.4eV, 그러나 바람직하게는, 상기 i-층의 전자 수송 레벨 미만의, 0.3 eV보다 작게 위치하는 페르미 레벨을 갖는,

유기 광활성 컴포넌트.

청구항 9

제 1 항 내지 제 8 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 컴포넌트는 상기 p-도핑 층과 상기 상대전극 사이에 n-층 시스템을 포함하고, 그 결과 nipn 또는 ipn 구조를 포함하는,

유기 광활성 컴포넌트.

청구항 10

제 1 항 내지 제 9 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 컴포넌트는 상기 광활성 i-층과 상기 상대전극 사이에 n-층 시스템을 포함하고, 그 결과 nin 또는 in 구조를 포함하고, 상기 추가 n-도핑 층은 최대 0.4eV, 그러나 바람직하게는, 상기 i-층의 정공(hole) 수송 레벨 초과의, 0.3 eV 보다 작게 위치하는 페르미 레벨을 갖는,

유기 광활성 컴포넌트.

청구항 11

제 1 항 내지 제 10 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 컴포넌트는 n-층 시스템 및/또는 p-층 시스템을 포함하고, 그 결과 pnipn, pnin, pipn 또는 p-i-n 구조가 포함되는,

유기 광활성 컴포넌트.

청구항 12

제 7 항 내지 제 11 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 추가적인 p-물질 시스템 및/또는 상기 추가적인 n-물질 시스템은 하나 이상의 도핑된 와이드-갭 층들을 포함하는,

유기 광활성 컴포넌트.

청구항 13

제 1 항 내지 제 12 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 컴포넌트는 또 다른 n-층 시스템들 및/또는 p-층 시스템들을 포함하고, 그 결과 예를 들면, npnipn,

pnipnp, npnipnp, pnpnipnpn 또는 pnpnlpnlpnlpn 구조가 포함되는,
유기 광활성 컴포넌트.

청구항 14

제 13 항에 있어서,

상기 하나 이상의 또 다른 p-물질 시스템들 및/또는 상기 또 다른 n-물질 시스템들은 하나 이상의 도핑된 와이드-캡 층들을 포함하는,
유기 광활성 컴포넌트.

청구항 15

제 1 항 내지 제 14 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 컴포넌트는 nip, ni, ip, pnip, pni, pip, nipp, nin, ipn, pnipn, pnin 또는 pipn 구조들의 조합으로 구성된 텐덤(tandem) 또는 다중 전지인,
유기 광활성 컴포넌트.

명세서

기술 분야

[0001] 본 발명은 유기 층들을 포함하는 광활성(photoactive) 컴포넌트에 관한 것으로서, 더욱 상세하게는 청구항 제1 항의 프리앰블에 따른 태양 전지(solar cell)에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 1986년도의 Tang 등에 의한 백분율 범위의 효율성을 지닌 첫 번째 유기 태양 전지의 설명 이후[C.W. Tang 등, Appl. Phys. Lett. 48, 183 (1986)], 유기 물질들은 다양한 전자 및 광전자 컴포넌트들에 대해 집중적으로 연구 되어왔다. 유기 태양 전지들은 유기 물질들로 구성된 얇은 층들(일반적으로 1nm 내지 1 μ m)의 시퀀스로 이루어지며, 이것들은 바람직하게는 진공에서의 기상 증착(vapor deposition)에 의해 또는 용액(solution)으로부터의 스핀-코팅(spin-coat)에 의해 적용된다. 전기 접속-연결(contact-connection)은 금속 층들, 투명 전도성 산화물들(TCOs) 및/또는 투명 전도성 고분자들(PEDOT-PSS, PANI)에 의해 수행될 수 있다.

[0003] 태양 전지는 광 에너지를 전기 에너지로 변환한다. 이 경우에, 광활성 등과 같은 용어는 광 에너지의 전기 에너지로의 변환을 지칭한다. 무기 태양 전지들과 대조적으로, 유기 태양 전지들에서 광은 자유 전하 캐리어들을 직접 생성하지 않고, 오히려 최초의 형태로 여기자(exciton)들, 즉, 전기적으로 중성인 여기 상태들(속박된 전자-정공 쌍들((bound electron-hole pairs))을 생성한다. 이러한 여기자들이 자유 전하 캐리어들로 분할되어 전기 전류 흐름에 기여하는 것은 오직 제 2 단계에서이다.

[0004] 종래의 무기-기반 컴포넌트들(실리콘, 갈륨 아세나이드(gallium arsenide)와 같은 반도체들) 이상의 이러한 유기-기반 컴포넌트들의 이점은 몇몇 예들에서 매우 높은 광 흡수 계수(optical absorption coefficients, 2×10^5 cm⁻¹ 까지)이며, 따라서 물질과 에너지 면에서 아웃레이(outlay)가 거의 없는 매우 얇은 태양 전지들을 생산할 가능성을 제공한다. 또한, 기술적 양상들이 낮은 비용, 플라스틱 필름들 상의 유연한(flexible) 큰-면적 컴포넌트들을 생성할 가능성, 및 다양함을 위한 가상적으로 무제한적인 가능성들과 유기 화학의 무제한적인 이용가능성을 포함한다.

[0005] 문헌에서 이미 제안된 유기 태양 전지의 실현에 대한 하나의 가능성은 다음의 층 구성을 갖는 pin 다이오드 [Martin Pfeiffer, "Controlled doping of organic vacuum deposited dye layers: basics and applications", PhD thesis TU-Dresden, 1999]로 이루어진다:

[0006] 0. 캐리어, 기판(substrate),

[0007] 1. 하부 접속, 보통 투명함,

[0008] 2. p-층(들),

[0009] 3. i-층(들),

[0010] 4. n-층(들),

[0011] 5. 상부 접속.

[0012] 이 경우에, n 및 p는 각각 n-타입 그리고 p-타입 도핑(doping)을 지칭하며, 이것은, 열적 평형 상태에서, 각각 자유 전자들과 정공들의 밀도의 증가로 이어진다. 그러나, 또한 n-층(들) 및 p-층(들)이 단지 물질 특성들(예컨대, 상이한 이동도들)로 인해, 미지의 불순물들(예컨대, 합성물로부터 나머지 잔여물들, 층 생성 동안 분해 또는 반응 결과물들)로 인해 또는 환경들의 영향(예컨대, 인접한 층들, 금속들 또는 다른 유기 물질들의 비화산(indiffusion), 주위 대기로부터의 가스 도핑)으로 인해, 일반적으로 도핑되지 않는 것 그리고 각각 바람직하게는 n-도전 및 바람직하게는 p-도전 특성들을 갖는 것이 가능하다. 이러한 맥락에서, 이러한 유형의 층들은 우선적으로 투명 층들로서 이해되어야 한다. 반대로, i-층의 정의는 일반적으로 도핑되지 않은 층(진성층(intrinsic layer))을 지칭한다. 이 경우에, 하나 또는 복수의 i-층들은 하나의 물질로 구성되거나, 또는 두 개의 물질들로 구성된 혼합물로 구성된 층을 포함할 수 있다(so-called interpenetrating networks or bulk heterojunction; M. Hiramoto et al. Mol. Cryst. Liq. Cryst., 2006, 444, pp. 33-40). 투명한 하부 접속으로 입사된 광은 i-층 또는 n-/p-층에서 여기자들(결속된(bonded) 전자-정공 쌍들)을 생성한다. 상기 여기자들은 오직 매우 높은 전기장들에 의해 또는 적절한 인터페이스들에서 분리될 수 있다. 충분히 높은 장(field)들은 유기 태양 전지들에서 이용가능하지 않고, 그 결과 유기 태양 전지들에 대한 모든 유망한 개념들은 광활성 인터페이스들에서의 여기자들의 분리에 기반한다. 여기자들은 그러한 활성 인터페이스로의 확산에 의해 통과하며, 여기서 전자들과 정공들은 서로 분리된다. 이 경우에, 전자들을 택하는(take up) 물질은 억셉터(acceptor)로서 지정되며, 그리고 정공을 택하는 물질은 도너(donor)로서 지정된다. 분리하는 인터페이스는 p- (n-) 층과 i-층 사이 또는 2개의 i-층들 사이에 놓일 수 있다. 그러면 태양 전지의 빌트-업(built-up) 전기장에서, 전자들은 n-영역으로 전달되고, 정공들은 p-영역으로 전달된다. 바람직하게는, 수송층들은 예컨대 WO 2004083958호에서 기술된 것과 같이 큰 밴드 갭(와이드-갭(wide-gap))을 갖는 투명 또는 주로 투명한 물질들이다. 이 경우에, 와이드-갭 물질들이란 용어는 흡수 최대치가 450 nm 미만의 파장 범위에 놓이고, 바람직하게는 400 nm 미만인 물질들을 지칭한다.

[0013] 광이 항상 먼저 여기자들을 생성하고, 그리고 자유 전하 캐리어들을 아직 생성하지 않기 때문에, 거의 재결합을 갖지 않는 활성 인터페이스에 대한 여기자들의 확산은 유기 태양 전지들에서 중요한 부분으로 작용한다. 광전류에 대한 기여를 하기 위해, 따라서 광의 두드러진 부분이 이용될 수 있도록, 양호한 유기 태양 전지에서, 여기자 확산 길이가 광의 일반적인 관통 깊이를 명백하게 초과하는 것이 필수적이다. 구조적으로 완벽한 그리고 화학 순도에 관한 유기 결정체(crystal)들 또는 얇은 층들은 이러한 기준을 확실히 만족한다. 그러나, 큰-면적 어플리케이션들에 대해, 단결정 유기 물질들의 사용은 가능하지 않고, 충분한 구조적 완벽함을 지닌 멀티층들의 제조는 지금까지 여전히 매우 어렵다.

[0014] i-층이 혼합층이면, 광 흡수의 임무는 컴포넌트들 중 오직 하나 또는 모두에 의해 행해진다. 혼합층들의 이점은 그것들이 도메인 경계에 도달할 때까지 생성된 여기자들이 매우 얕은 경로를 커버해야 한다는 것이며, 여기서 여기자들은 분리된다. 전자들 및 정공들은 각각 개별적인 물질들에서 별도로 각각 전달된다. 물질들이 혼합층에서 서로 어디에서든 접하기 때문에, 이러한 개념의 경우에 중요한 것은 분리된 전하들이 개별적인 물질상에서 긴 수명을 갖고 개별적인 접속을 향한 전하 캐리어들의 양 타입들에 대한 폐쇄된 여과 경로들이 모든 위치로부터 존재한다는 것이다.

[0015] US 5,093,698호는 유기 물질들의 도핑을 개시한다. 억셉터-같은 또는 도너-같은 도핑 물질을 혼합함으로써, 층에서의 등가의 전하 캐리어 집중도는 증가하고 전도성은 증가한다. US 5,093,698호에 따라, 도핑된 층들은 전자발광 컴포넌트들에서 접속 물질들에 대한 인터페이스에서 주입 층들로서 사용된다. 유사한 도핑 접근들은 또한 태양 전지들에 대해 비슷하게 편리하다.

[0016] 문헌은 광활성 i-층에 대한 구현을 위해 다양한 가능성들을 개시한다. 따라서, 후자는 이중 층(EP 0000829)일 수 있거나 혼합층(Hiramoto, Appl. Phys. Lett. 58, 1062(1991))일 수 있다. 이중 및 혼합층들의 조합이 또한 공지되었다(Hiramoto, Appl. Phys. Lett. 58, 1062 (1991); US 6,559,375). 또한 혼합 비율은 혼합층의 상이한 영역들에서 상이하고(US 20050110005), 또는 혼합 비율은 중감률(gradient)을 갖는다는 것이 공지되었다.

[0017] 또한 광활성 혼합층들은 부분적으로 결정 형태로 존재할 수 있다는 것이 문헌(Hiramoto, MOLECULAR CRYSTALS AND LIQUID CRYSTALS, 444, 33-40 (2006))으로부터 공지되었다. 이 경우에, 결정도(crystallinity)의 정도는

기상 증착 동안 기판 온도의 선택에 의해 변할 수 있다. 증가한 기판 온도는 일반적으로 더 큰 결정 부분 또는 더 큰 결정들로 이어진다. 대안적으로 층 생성 후에, 컴포넌트도 높은 온도를 받을 수 있다(Peumans, Nature, 425, 158 (2003)). 또한 이러한 프로세스는 일반적으로 증가된 결정으로 이어진다. 유기 혼합층의 구조에 영향을 주기 위한 가능성은 유기 기상 증착 기술(OVPD: organic vapor-phase deposition technique)(Rusu, Thin Solid Films, 516, 7160-7166 (2008); Rusu, Renewable Energy, 33, 254-258 (2008); Yang, Nature Materials, 4, 37-41, (2005))을 이용하는 것으로 구성된다. 여기서, 유기 물질은 가스 플로우에서 증발된다. 그러면 가스 플로우는 기판으로 분자들을 운반(carry)한다. 다양한 파라미터들을 선택함으로써, 증착된 층들 및 혼합층들의 구조에 영향을 줄 가능성이 있다.

[0018] 또한, 문현은 ip 구조를 갖는 태양 전지들을 개시한다(Drechsler, Org. Electron., 5, 175 (2004); J. Drechsler, Synthet. Metal., 127, 201-205 (2002)). 여기서, 광활성 혼합층은 ZnPc 및 C60으로 구성된 혼합층이다. 이 2개의 물질들은 매우 유사한 증발 온도들을 갖는다. 따라서, 아래서 기술되는 문제는 이 시스템에서 발생하지 않으며, 그 결과 본 특허의 내용은 이에 의해 영향받지 않는다.

[0019] 또한, 텐덤(tandem) 및 다중 태양 전지들은 문현(Hiramatsu, Chem. Lett., 1990, 327 (1990); DE 102004014046)으로부터 공지되었다.

[0020] 비-고분자 유기 물질들의 경우에, 소위 작은 분자들의 경우, 진공에서의 증발 온도는 분자간 상호작용들과 밀접하게 관련된다. 상기 상호작용들이 매우 두드러지면, 이는 증발 온도의 증가로 이어진다.

발명의 내용

[0021] 본 발명의 의미 내에서, 증발 온도란 용어는 주어진 증발기 구조에 대한 기판의 위치(기준: 기판으로부터 30cm의 거리에 기판 위에 직각으로 고정된 원형 개구(1cm의 직경)를 갖는 소스)에서 0.1nm/s의 기상 증착 레이트 및 10^{-4} 내지 10^{-10} mbar의 범위의 진공을 달성하기 위해 요구되는 온도를 의미하는 것으로 이해된다. 이 경우에, 더 좁은 의미로 증발(액체 상태에서 기체 상태으로의 전이) 또는 부차적 제한이 이 경우에 포함되는지 여부는 중요하지 않다.

[0022] 따라서 기상 증착에 의한 층 형성의 과정에서, 층 내의 분자간 상호작용이 최대화되는 그러한 구조들이 바람직하게 생기며, 그 결과 큰 상호작용들로 진입할 수 있는 인터페이스들은 층 표면에서 회피된다.

[0023] 혼합층들의 경우에, 상대적으로 약한 상호작용력을 갖는 컴포넌트가 바람직하게 표면에 축적되는, 즉, 이 컴포넌트가 층 형성 동안 특정 범위로 "플로팅(float)"하는 효과를 갖는다. 분자들 간의 상대적으로 약한 상호작용을 갖는 물질들은 일반적으로 낮은 녹는점(예컨대, 100°C 미만) 또는 낮은 유리화 전이 온도(예컨대, 150°C 미만)에 의해 구분된다.

[0024] 만약 "더욱 약한 상호작용하는 컴포넌트"가 혼합층의 도너 컴포넌트라면, 매우 얇은 층(즉, 적어도 하나의 단층) ? 특히 가열된 기판 상에서의 성장 동안 또는 후속 열처리 동안 ?은 표면에서 발생하는 성향이 있고, 얇은 층은 대부분 도너 물질을 제외하고 구성된다. 이 분리 또는 이 "플로팅"은 또한 예컨대 용매 처리와 같은 다른 프로세스들(층의 생성 동안 또는 후속적으로)을 통해 또는 유기 기상 증착(OVPD)에 의해 층을 증착하는 방법을 통해 발생하거나 지원될 수 있다. 결과적으로 "플로팅된" 도너 컴포넌트의 단층은 더 열악한 전자 수송 특성들을 가지며 pin 구조의 경우에 광생성된 전자들을 이동시키는 프로세스를 지연시킨다. 대조적으로, 결국 도너 컴포넌트가 바람직하게 정공-수송 물질이기 때문에, 어떤 문제점들 없이 광생성된 정공들이 이 방향으로 수송되는 것이 가능하다.

[0025] 전술된 문제점은 오히려 도너 물질이 억셉터 물질의 증발 온도보다 낮은 적어도 150°C의 진공에서의 증발 온도를 갖는 경우에 발생한다. 그러나, 100°C 또는 그 이하의 증발 차가 있는 경우에도 "플로팅"이 발생하는 것이 전적으로 가능하다.

[0026] 몇몇 예외들(Drechsler, Org. Electron., 5, 175 (2004); J. Drechsler, Synthet. Metal., 127, 201-205 (2002))을 제외하고 문현들에서 설명된, 비-고분자 유기 분자들, 소위 작은 분자들의 진공 증착으로부터 생성된 유기 태양 전지들이 구성되고, 그 결과 그 위에 유기 층들이 증착되는, 소위 하부 접속이 애노드(anode)를 형성한다(구조가 배타적으로 정공-전도 또는 p-도핑 층을 포함하면, 후자는 하부 접속에 인접한다). 애노드는 일반적으로 투명 전도성 산화물(종종 인듐 주석 산화물, 촉약하여 ITO; 그러나 또한 ZnO:Al일 수 있음)이며, 그러나 그것은 금속층 또는 전도성 고분자로 구성된 층일 수 있다. 광활성 혼합층을 포함한 유기층 시스템의 증착 후에, ? 보통 금속성 ? 캐소드가 증착된다.

- [0027] 여기서 비-반전된 것으로서 지정된, 이러한 구조는 광생성된 전자들은 캐소드의 방향으로 기판들로부터 이동되어야 하는 반면, 광활성 혼합층에서 형성된 정공들은 기판(애노드)을 향해 운반되어야하는 결과를 갖는다. 그러나, 전술한 바와 같이, 도너 컴포넌트의 "플로팅"이 혼합층의 후처리 또는 증착 동안 발생하면, 이것은 문제가 된다.
- [0028] 혼합층의 성장이 열적 평형에 더 근접하여 발생할수록, 이 문제는 더 큰 정도로 나타난다. 그러므로 평형에 더 근접한 성장 동안 부피의 개선된 순서의 이점(nanocrystalline instead of amorphous structure, cf. M. Hiramoto et al., Mol. Cryst. Liq. Cryst., 2006, 444, pp. 33-40; M. Rusu et al., Thin Solid Film, 2008, 516, pp. 7160-7166)은 인터페이스에서의 증가하는 문제점에 의해 대응된다.
- [0029] 따라서 상기 문제점은, 혼합층에서의 상기 도너 물질의 적어도 부분적인 "플로팅"이 발생하는 도너-억셉터 결합의 경우에, 혼합층에서 양호한 순서를 획득하고, 동시에 혼합층의 인터페이스에서의 어떠한 수송 문제점들을 초래하지 않는 것 모두로 구성된다.
- [0030] 그러므로 본 발명은 전술된 단점을 극복하는 광활성 컴포넌트를 제공하는 목적으로 기초하고 이 경우에 컴포넌트의 증가된 효율 및 가능한한 개선된 수명을 갖는다. 본 발명의 또 다른 목적은 이러한 광활성 컴포넌트를 생성하기 위한 방법을 제공하는 것이다.
- [0031] 상기 목적은 청구항 제1항에 따른 광활성 컴포넌트에 의해 달성된다. 유리한 실시예들은 종속 청구항들에서 명시된다.
- [0032] 본 발명에 따르면, 이러한 목적은 반전 층 시퀀스를 채택함으로써 달성되고, 증착은 캐소드(하부에서 n-사이드, 예컨대, n-i-p 구조) 상에서 일어나며 따라서 광생성된 전자들은 기판으로 향하는 방향으로 혼합층을 떠나야만 하고, 광생성된 전자들은 상대 전극의 방향으로 떠나야하며, 둘다 어떠한 문제점들 없이 가능하다.
- [0033] *적은 수의 단층들의 "플로팅"에 대한 본 명세서에서 상정된 문제점은 현존하는 수단들을 사용하여 분광학적으로(spectroscopically) 입증하는 것이 사실상 불가능하다. 따라서, 상기 문제점은 지금까지는 인지되지 않았으며 본 명세서에서 제안된 것처럼 상기 문제점에 대한 해결책은 당해 기술 분야에 속한 통상의 지식을 가진 자에 의해 지금까지 고려되지 않았다.
- [0034] 본 발명의 바람직한 실시예는 WO 2004083958에 제시된 바와 같이, 유기 nip 태양 전지 또는 유기 nipnip 탠덤 태양 전지 또는 nip 다중 태양 전지로서 존재한다.
- [0035] 전술된 반전 구조(n-i-p, i-p 또는 n-i 구조)에 대해, 접속 문제가 기판 상에 위치한 전극 및/또는 상대 전극의 컴포넌트에서 발생할 수 있다:
- [0036] 정상적으로, 전통적인 p-i-n 구조에서, 기판상에 위치한 전극은 p-층으로의 접속을 가지고 상대 전극은 n-층으로의 접속을 갖는다. 이들 접속은 매우 잘 기능하거나, 또는 다시 말하면 접속 시스템들 및 접속 물질들은 그 사이에 최적화되어, 어떠한 손실도 여기서 발생하지 않는다. 반전 구조에 대한 가능한 해결책으로서, 이제 2개의 새로운 접속 시스템 전극/n-층 및 p-층/상대전극은 (예를 들어, 적절한 생성 조건들 또는 물질들의 적절한 선택을 통해) 새로 최적화될 수 있다. 또 다른 해결 가능성은 전극들에서의 전환 접속(pn 또는 np)을 통합하는 것에 있어, 그 결과 전극/p-층 및 n-층/상대전극의 구식 접속 시스템들을 다시 획득한다. 이러한 목적을 위한 가능한 구조들은 예를 들면, pnip, nipn 또는 pnipn을 포함한다.
- [0037] 본 발명에 따른 컴포넌트의 또 다른 실시예는 p-도핑된 층이 또한 제 1 전자-전도 층(n-층)과 기판상에 위치한 전극 사이에 존재한다는 사실에 있고, 그 결과 pnip 또는 pni 구조가 포함되며, 바람직하게 도핑은 직접 pn 접속이 어떠한 블로킹 효과(blocking effect)도 갖지 않는 것보다, 오히려 바람직하게는 터널링 프로세스에 의해 저-손실의 재결합이 발생하도록 충분히 높게 선택된다.
- [0038] 본 발명의 또 다른 실시예에서, p-도핑 층은 또는 광활성 i-층과 기판상에 위치한 전극 사이의 컴포넌트에 존재할 수 있어, 그 결과 pip 또는 pi 구조가 포함되고, 추가 p-도핑 층은 최대 0.4 eV, 그러나 바람직하게는, i-층의 전자 수송 레벨 미만의, 0.3 eV보다 작게 위치하는 페르미(Fermi) 레벨을 가지며, 그 결과 i-층으로부터 이 p-층으로의 저-손실 전자 추출이 발생할 수 있다.
- [0039] 본 발명에 따른 컴포넌트의 또 다른 실시예는 n-층 시스템이 또한 p-도핑 층과 상대전극 사이에 존재한다는 사실에 있어, 그 결과 nipn 또는 ipn 구조가 포함되며, 바람직하게 도핑은 직접 pn 접속이 어떠한 블로킹 효과도

갖이 않는 것보다, 오히려 바람직하게는 터널링 프로세스에 의해 저-손실의 재결합이 발생하도록 충분히 높게 선택된다.

[0040] 또 다른 실시예에서, n-층 시스템은 또한 진성, 광활성 층과 상대전극 사이의 커포넌트에 존재할 수 있어, 그 결과 nin 또는 in 구조가 포함되며, 추가 n-도핑 층은 최대 0.4 eV, 그러나 바람직하게는, i-층의 정공 수송 레벨 초과의, 0.3 eV보다 작게 위치하는 페르미 레벨을 가져, 그 결과 i-층으로부터 이 n-층으로의 저-손실 정공 추출이 발생할 수 있다.

[0041] 본 발명에 따른 커포넌트의 또 다른 실시예는 커포넌트가 n-층 시스템 및/또는 p-층 시스템을 포함한다는 사실에 있어, 그 결과 pnipn, pnin, pipn 또는 p-i-n 구조가 포함되고, 모든 경우에 ? 전도 타입과 관계없이 ? 기판 사이드 상의 광활성 i-층에 인접한 층이 i-층에 인접하며 기판과 등지고 마주하는 층보다 더 낮은 열적 일 함수를 갖는다는 사실에 의해 구별되고, 그 결과 어떠한 외부 전압도 커포넌트에 인가되지 않는다면 광발생된 전자들은 바람직하게는 기판을 향해 전송된다.

[0042] 본 발명의 또 다른 실시예에서, 복수의 전환 접속들은 직렬로 연결되어 그 결과 예를 들면, npnipn, pnipnp, npnipn, pnnpnipn 또는 pnnpnpipnnpn 구조가 포함된다.

[0043] 전술한 구조들의 하나의 바람직한 개선에 있어, 후자는 유기 텐덤 태양 전지 또는 다중 태양 전지로서 구현된다. 따라서, 커포넌트는 nip, ni, ip, pnip, pni, pip, nipn, nin, ipn, pnipn, pnin, 또는 pipn 구조들의 조합으로 구성된 텐덤 전지일 수 있고, 적어도 하나의 i-층을 포함하는 복수의 독립적 조합들은 차례로 적층된다(크로스 조합들).

[0044] 전술한 구조들의 하나의 특히 바람직한 실시예에서, 후자는 pnipnipn 텐덤 전지로서 구현된다.

[0045] 이러한 유형의 적층된 전지들에서 특히 중요한 것은 개별 전지들에서 발생된 전류의 균형, 즉 전하 캐리어들로 변환된 흡수 광자들의 수이다. 전술한 "플로팅" 문제가 예를 들어 혼합층의 경우에 2개의 상이한 흡수체 시스템들을 가지는 pinpin 텐덤 전지의 경우에 발생한다면, 그리고 그에 따라 혼합층이 더 적은 전류를 발생시키거나 또는 더 열악한 충전율을 가지고 텐덤 태양 전지가 이에 의해 그 특성들이 크게 감소된다면(더 적게 발생된 전류 또는 더 열악한 충전율(FF)을 가지는, 더 약한 부분적 전지는 전체 커포넌트를 제한하며, 즉 다른 부분적 인 전지도 더 이상 자신의 전위를 충전시킬 수 없음), 그러면 문제는 반전 nipnip 구조 또는 전술된 구조들 중 다른 구조로 변경함으로써 본 발명에 따라 해결된다.

[0046] 본 발명의 또 다른 실시예에서, 텐덤 또는 다중 전지의 경우에, 소정의 수의 i-혼합층은 가열됨(바람직하게는 70°C와 140°C 사이로) 기판상에서 생성되고 나머지 i-혼합층은 기판이 더 낮은 온도(바람직하게는 60°C 미만) 또는 실온에 있는 동안 생성된다. 이 경우에, i-혼합층이 교대로 가열되고 다시 냉각되는 기판에 의해 교대로 가열된 기판 그리고 더 낮은 온도 또는 실온에서 생성되는 것이 또한 가능하다.

[0047] 또 다른 실시예에서, 유기 광활성 커포넌트는 상대전극 및 전극들로 구현된 유기 태양 전지 및 전극들 사이의 적어도 하나의 유기 광활성 i-층 시스템으로서 구현된다. 이 광활성 i-층 시스템은 도너 물질과 억셉터 물질로 구성된 적어도 하나의 혼합층을 포함하고, 이는 도너-억셉터 시스템을 형성한다. 혼합층의 도너 및 억셉터 물질들은 비-고분자 물질, 소위 작은 분자들을 포함한다. 게다가, 도너 물질은 억셉터 물질의 증발 온도보다 낮은 적어도 150 °C인 진공에서의 증발 온도를 갖는다. 유기 태양 전지는 반전 층 시퀀스를 갖는다. 반전 층 시퀀스는 n-, i-, 또는 p-층 시스템의 각각의 경우에 구성된 n-i-p, i-p, 또는 n-i 구조로서 형성될 있고, 유기 광활성 i-층 시스템은 캐소드 상에서 또는 전자-전도성 n-물질 시스템상에 직접 적용된다.

[0048] 또 다른 실시예에서, 혼합층에서의 억셉터 물질은 결정 형태로 적어도 부분적으로 존재한다.

[0049] 또 다른 실시예에서, 혼합층에서의 도너 물질은 결정 형태로 적어도 부분적으로 존재한다.

[0050] 또 다른 실시예에서, 혼합층에서의 억셉터 물질 및 도너 물질 모두는 결정 형태로 적어도 부분적으로 존재한다.

[0051] 또 다른 실시예에서, 억셉터 물질은 450 nm 초과의 파장 범위에서 흡수 최대치를 갖는다.

[0052] 또 다른 실시예에서, 도너 물질은 450 nm 초과의 파장 범위에서 흡수 최대치를 갖는다.

[0053] 또 다른 실시예에서, 광활성 i-층 시스템은 또한 언급된 혼합층 이외에 또 다른 광활성 개별 또는 혼합층들을 더 포함한다.

- [0054] 또 다른 실시예에서, n-물질 시스템은 하나 이상의 층들로 이루어진다.
- [0055] 또 다른 실시예에서, p-물질 시스템은 하나 이상의 층들로 이루어진다.
- [0056] 또 다른 실시예에서, n-물질 시스템은 하나 이상의 도핑된 와이드-캡 층들을 포함한다. 이 경우, 와이드-캡 층이란 용어는 450 nm 미만의 과장 범위에서 흡수 최대치를 갖는 층들을 정의한다.
- [0057] 또 다른 실시예에서, p-물질 시스템은 하나 이상의 도핑된 와이드-캡 층들을 포함한다.
- [0058] 또 다른 실시예에서, 입사 광의 광학 경로를 확장하기 위한 광 트랩(trap)들이 활성 시스템에 형성된다.
- [0059] 또 다른 실시예에서, 광 트랩은 i-층에 대한 매끄러운 인터페이스 및 접속에 대한 주기적 마이크로구조의 인터페이스를 갖는다는 점에서 실현된다.
- [0060] 또 다른 실시예에서, 광 트랩은 컴포넌트가 주기적 마이크로구조의 기판상에 구성되고 컴포넌트의 균일 기능(homogeneous function), 즉 전체 영역에 걸친 균일한 분배 및 전기장의 단락-프리(short-circuit-free) 접속-연결이 도핑된 와이드-캡 층의 사용에 의해 보장된다는 사실에 의해 실현된다. 초박형 컴포넌트들은 구조화된 기판상에서, 국부적 단락들을 형성하는 증가된 위험을 가져, 그 결과 전체 컴포넌트의 기능성은 궁극적으로 이와 같은 명백한 불균일성에 의해 위태롭게 된다. 단락들의 이러한 위험은 도핑된 수송 층들의 사용에 의해 감소된다.
- [0061] 또 다른 실시예에서, 컴포넌트는 제 1 전자-전도 층(n-층)과 기판 상에 위치한 전극 사이의 p-도핑 층을 포함하고, 그 결과 pnip 또는 pni 구조가 포함된다.
- [0062] 또 다른 실시예에서, 컴포넌트는 기판 상에 위치한 전극과 광활성 i-층 사이의 p-도핑 층을 포함하고, 그 결과 pip 또는 pi 구조가 포함되며, 추가 p-도핑 층은 최대 0.4 eV, 그러나 i-층의 전자 수송 레벨 미만의, 0.3eV보다 작게 위치하는 페르미 레벨을 갖는다.
- [0063] 또 다른 실시예에서, 컴포넌트는 p-도핑 층과 상대전극 사이의 n-층 시스템을 포함하고, 그 결과 nipn 또는 ipn 구조가 포함된다.
- [0064] 또 다른 실시예에서, 컴포넌트는 광활성 i-층과 상대전극 사이에 n-층 시스템을 포함하고, 그 결과 nin 또는 in 구조가 포함되며, 추가 n-도핑 층은 최대 0.4 eV, 그러나 바람직하게는, i-층의 정공 수송 레벨 초과의, 0.3 eV보다 작게 위치하는 페르미 레벨을 갖는다.
- [0065] 또 다른 실시예에서, 컴포넌트는 n-층 시스템 및/또는 p-층 시스템을 포함하고, 그 결과 pnipn, pnin, pipn, 또는 p-i-n 구조가 포함된다.
- [0066] 또 다른 실시예에서, 추가 p-물질 시스템 및/또는 추가 n-물질 시스템은 하나 이상의 도핑된 와이드-캡 층들을 포함한다.
- [0067] 또 다른 실시예에서, 컴포넌트는 또 다른 n-층 시스템들 및/또는 p-층 시스템들을 포함하고, 그 결과 예를 들면, npnipn, pnipnp, npnipnp, pnipnlpnlpn 또는 pnpnlpnlpnlpnlpn 구조가 포함된다.
- [0068] 또 다른 실시예에서, 또 다른 p-물질 시스템들 및/또는 또 다른 n-물질 시스템들 중 하나 이상은 하나 이상의 도핑된 와이드-캡 층들을 포함한다.
- [0069] 또 다른 실시예에서, 컴포넌트는 또 다른 n-층 시스템들 및/또는 p-층 시스템들을 포함하고, 그 결과 예를 들어, npnipn, pnipnp, npnipnp, pnipnlpnlpn 또는 pnpnlpnlpnlpnlpn 구조가 포함된다.
- [0070] 또 다른 실시예에서, 또 다른 p-물질 시스템들 및/또는 또 다른 n-물질 시스템들 중 하나 이상은 하나 이상의 도핑된 와이드-캡 층들을 포함한다.
- [0071] 또 다른 실시예에서, 컴포넌트는 텐덤 또는 다중 구조이다.
- [0072] 또 다른 실시예에서, 컴포넌트는 nip, ni, ip, pnip, pni, pip, nipn, nin, ipn, pnipn, pnin 또는 pipn 구조들의 조합으로 구성된 텐덤 전지이다.
- [0073] 또 다른 실시예에서, 사용된 유기 물질들은 작은 분자들이다. 본 발명의 의미 내에서, 작은 분자란 용어는 증발될 수 있고 그에 따라 기판 위에 증착될 수 있는 단위체(monomer)들을 의미하는 것으로 이해된다.
- [0074] 또 다른 실시예에서, 유기 물질들은 적어도 부분적으로 고분자들이고, 그러나 적어도 하나의 광활성 i-층은 작

은 분자들로부터 형성된다.

[0075] 또 다른 실시예에서, 억셉터 물질은 플러렌 또는 플러렌 유도체(바람직하게는 C60 또는 C70) 또는 PTCDI 유도체(페릴렌-3,4,9,10-비스(디카르복스이미드) 유도체)(perylene-3,4,9,10-bis(dicarboximide) derivative)의 그룹으로부터의 물질이다.

[0076] 또 다른 실시예에서, 도너 물질은 올리고머, 특히 WO2006092134에 따른 올리고머, 포르피린 유도체, 펜타센 유도체 또는 DIP(di-indeno-perylene), DBP(di-benzo-perylene)과 같은 페릴렌 유도체이다.

[0077] 또 다른 실시예에서, p-물질 시스템은 TPD 유도체(트리페닐아민-다이머)(triphenylamine-dimer), 스피로파이란(spiropyrans), 스피로옥사진(spirooxazines)과 같은 스피로 화합물, MeO-TPD (N,N,N',N'-테트라카이스(4-메톡시페닐)벤지딘) (N,N,N',N'-tetrakis(4-methoxyphenyl)benzidine), di-NPB (N,N'-디페닐-N,N'-비스(N,N'-di(1-나프틸)-N,N'-디페닐-(1,1'-바이페닐) 4,4'-디아민)) (N,N'-diphenyl-N,N'-bis(N,N'-di(1-naphthyl)-N,N'-diphenyl-(1,1'-biphenyl) 4,4'-diamines)), MTDATA (4,4',4'''-트리스(N-3-메틸페닐-N-페닐아미노)트리페닐아민) (4,4',4'''-tris(N-3-methylphenyl-N-phenylamino)triphenylamine), TNATA (4,4',4'''-트리스[N-(1-나프틸)-N-페닐아미노]트리페닐아민) (4,4',4'''-tris[N-(1-naphthyl)-N-phenylamino]triphenylamine), BPAPF (9,9-비스[4-[디-(p-바이페닐)아미노페닐]]플루오렌) (9,9-bis{4-[di-(p-biphenyl)aminophenyl]}fluorenes), NPAPF (9,9-비스[4-(N,N'-비스나프탈렌-2-일아미노)페닐]-9H-플루오렌) (9,9-bis[4-(N,N'-bisnaphthalen-2-ylamino)phenyl]-9H-fluorenes), spiro-TAD (2,2',7,7'-테트라카이스(디페닐아미노)-9,9'-스피로바이플루오렌) (2,2',7,7'-tetrakis(diphenylamino)-9,9'-spirobifluorene), PV-TPD (N,N-di 4-2,2-디페닐에텐-1-일페닐-N,N-di 4-메틸페닐페닐벤지딘) (N,N-di 4-2,2-diphenylethen-1-ylphenyl-N,N-di 4-methylphenylphenylbenzidines), 4P-TPD (4,4'-bis(N,N-디페닐아미노)테트라페닐) (4,4'-bis(N,N-diphenylamino)tetraphenyl), 또는 DE102004014046에 기술된 p-물질을 포함한다.

[0078] 또 다른 실시예에서, n-물질 시스템은 예를 들어, C60, C70과 같은 플루오レン; NTCDA (1,4,5,8-나프탈렌테트라카르복실산 이무수물) (1,4,5,8-naphthalenetetracarboxylic dianhydrides), NTCDI (나프탈렌테트라카르복실산 디이미드) (naphthalenetetracarboxylic diimides) 또는 PTCDI (페릴렌-3,4,9,10-비스(디카르복스이미드)) (perylene-3,4,9,10-bis(dicarboximide))를 포함한다.

[0079] 또 다른 실시예에서, p-물질 시스템은 p-도펀트(p-dopant)를 포함하고, 상기 p-도펀트는 F4-TCNQ, DE10338406, DE10347856, DE10357044, DE102004010954, DE102006053320, DE102006054524 및 DE102008051737에 기술된 p-도펀트, 또는 전이 금속 산화물(VO, WO, MoO 등)이다.

[0080] 또 다른 실시예에서, n-물질 시스템은 n-도펀트를 포함하고, 상기 n-도펀트는 TTF 유도체(테트라티아풀발렌 유도체)(tetrathiafulvalene derivative) 또는 DTT 유도체(디티에노티오펜)(dithienothiophene), DE10338406, DE10347856, DE10357044, DE102004010954, DE102006053320, DE102006054524 및 DE102008051737에 기술된 n-도펀트, 또는 Cs, Li 또는 Mg이다.

[0081] 또 다른 실시예에서, 하나의 전극은 80% 초과의 투과를 갖는 투명 방식으로 구현되고 다른 전극은 50% 초과의 반사를 갖는 반사 방식으로 구현된다.

[0082] 또 다른 실시예에서, 컴포넌트는 10-80%의 투과를 갖는 반투명 방식으로 구체화된다.

[0083] 또 다른 실시예에서, 전극들은 금속(예를 들어, Al, Ag, Au 또는 이들의 조합물), 전도성 산화물, 특히 ITO, ZnO:Al 또는 몇몇 다른 TCO(transparent conductive oxide), 전도성 고분자, 특히 PEDOT/PSS 폴리(3,4-에틸렌디옥시티오펜)폴리(스티렌술포네이트) (poly(3,4-ethylenedioxythiophene)poly(styrenesulfonate)) 또는 PANI (폴리아닐린)(polyaniline), 또는 이를 물질들의 조합물로 구성된다.

[0084] 또 다른 실시예에서, 사용된 유기 물질들은 낮은 녹는점, 바람직하게는 100°C 미만을 갖는다.

[0085] 또 다른 실시예에서, 사용된 유기 물질들은 낮은 유리 전이 온도, 바람직하게는 150°C 미만의 온도를 갖는다.

[0086] 또 다른 실시예에서, 사용된 유기 물질들은 복수의 결정상을 갖고 중착 동안의 기판 온도 또는 후속의 열 처리의 온도와 유사한 (+/- 30 °C) 상 변환 온도를 갖는다. 열 처리는 녹는점 아래의 온도로의 고체의 가열을 의미하는 것으로 이해된다. 이것은 구조적 결점들이 보상되고 결정 구조가 단-범위 및 장-범위 규칙(short- and long-range order)의 면에서 개선되는 동안, 상대적으로 긴 시간(수분에서 수일까지)에 걸쳐 일어난다. 따라서

결정 구조를 정하기 위한 용해 및 매우 느린 냉각의 프로세스가 회피된다.

[0087] 또 다른 실시예에서, 혼합층은 유기 기상 증착(OVD)의 방법에 의해 증착된다.

[0088] 또 다른 실시예에서, 혼합층은 바람직하게는 80°C 이상의 온도를 가지는, 가열된 기판 상에 증착된다.

[0089] 또 다른 실시예에서, 혼합층은 증착 후 열 처리되고, 열 처리 온도는 증착 동안 기판 온도보다 높은 적어도 20°C이다.

[0090] *또 다른 실시예에서, 혼합층은 생성 동안 또는 생성 이후 용매 증기로 처리된다.

[0091] 또 다른 실시예에서, 텐덤 또는 다중 전지에서, 소정의 수의 i-층들은 가열된(바람직하게는 70 °C에서 140°C 사이) 기판 위에 생성되고, 나머지 i-층들은 기판이 더 낮은 온도(바람직하게는 60°C 미만) 또는 실온에 있는 동안 생성된다.

도면의 간단한 설명

[0092] 본 발명은 예시적인 실시예들을 기초로 하여 이하 더 완전히 설명될 것이다. 관련된 도면으로:

도 1은 DCV5T 필름상의(Si100 상의) X-선 회절 측정(XRD)의 실례를 도시한다,

도 2는 90°C의 기판 온도에서 및 실온에서 생성된 혼합층 DCV5T:C60을 갖는 pin 태양 전지에 관한 전류-전압 특성 곡선을 도시한다,

도 3은 90°C의 기판 온도에서 및 실온에서 생성된 혼합층 DCV5T:C60을 갖는 nip 태양 전지에 관한 전류-전압 특성 곡선을 도시한다,

도 4는 90°C의 기판 온도에서 생성된 혼합층 DCV5T:C60을 갖는 mip 태양 전지에 관한 전류-전압 특성 곡선을 도시한다,

도 5는 실온에서 생성된 혼합층 DCV5T:C60의 상이한 층 두께를 갖는 mip 태양 전지에 관한 전류-전압 특성 곡선을 도시한다,

도 6은 90°C의 기판 온도에서 생성된 혼합층 DCV5T:C60의 상이한 층 두께를 갖는 mip 태양 전지에 관한 전류-전압 특성 곡선을 도시한다, 그리고

도 7은 혼합층 ZnPc:C60 및 혼합층 DCV5T:C60을 갖는 pnipnipn 텐덤 전지에 관한 전류-전압 특성 곡선을 도시하고, 혼합층들은 각각 30°C 및 90°C의 기판 온도에서 생성되었다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0093] 예시적인 실시예 a)

[0094] *90°C의 기판 온도에서 생성된, 혼합층 DCV5T:C60의 결정도의 검출:

[0095] 도 1은 DCV5T 필름상의(Si100 상의) X-선 회절 측정(XRD)을 도시한다. 순수 DCV5T 층(α , α' -비스(2,2-디시아노비닐)퀸퀘티오펜 층)(α , α' -bis(2,2-dicyanovinyl)quinquethiophene layer)(점선 및 진한 실선)은 8.15° 및 8.65°에서 피크를 각각 나타낸다. 피크는 실온에서 증착되었던 샘플(RT: 진한 실선)과 비교하여 기상 증착에 의해 가열된(100°C) 기판에 적용되었던 샘플(점선)의 경우에 현저히 더 높다. 그러므로 규칙(order) 또는 결정도는 100°C 샘플의 경우에 현저히 증가된다. 결정화도는 C60을 포함하는 혼합층의 경우에 크게 감소된다. RT(RT=실온)에서 혼합층의 스펙트럼은 어떠한 피크도 보이지 않는다. 100°C에서 가열된 기판상으로의 기상 증착에 의해, 비록 아직 개별 층들에서와 같은 양호한 정도까지는 아니더라도, 결정도는 또한 혼합층에서 다시 획득될 수 있고, 이를 이유로 오직 하나의 피크가 여기에서 발생한다. 더 양호한 차이에 대해, 생성된 2개의 혼합층의 곡선 프로파일은 화살표에 의해 개별 기판 온도들로 지정된다.

[0096] 예시적인 실시예 b)

[0097] 또 다른 예시적인 실시예에서, 구성 ITO/p-HTL/HTL/DCV5T:C60/ETL/n-ETL/AI을 갖는 pin 태양 전지가 도 2에서 사용된다. 혼합층 DCV5T:C60은 먼저 90°C의 기판 온도에서(점선의 특성 곡선들, 밝고 진한 특성 곡선들) 먼저

생성되고, 이후 실온에서(30°C; 실선의 특성 곡선들, 밝고 진한 특성 곡선들) 생성된다.

[0098] 사용된 약어들은 다음과 같이 정의된다:

ETL: 전자 수송층(electron transport layer)

HTL: 정공 수송층(hole transport layer)

n-ETL: n-도핑된 전자 수송층(n-doped electron transport layer)

p-HTL: p-도핑된 정공 수송층(p-doped hole transport layer)

[0103] 90°C에서 생성된 태양 전지는 열약한 충전율을 갖는다는 것을 명백히 볼 수 있다. 비록 혼합층 DCV5T:C50이 더 높은 결정도를 여기서 가지더라도, 이것은 더 양호한 컴포넌트가 아닌, 심지어 더 나쁜 컴포넌트로 이어진다. 원인은 혼합층으로부터의 혼합층 DCV5T:C60과 위에 놓인 C60 층 사이의 전자들의 수송 문제이고, DCV5T로 구성된 매우 얇은 (아마도 오직 하나 또는 소수의 단층들의 두께를 갖는) 층이 형성되고, 이것은 전자들을 수송하는 프로세스를 방해한다. 이러한 문제는 pin 구조를 전환하고 nip 구조를 사용함으로써 해결된다.

[0104] 예시적인 실시예 c)

[0105] 또 다른 예시적인 실시예에서, 구성 ITO/n-ETL/ETL/DCV5T:C60/HTL/p-HTL/Au를 갖는 nip 태양전지가 도 3에서 사용된다. 혼합층 DCV5T:C60은 먼저 90°C의 기판 온도에서(점선의 특성 곡선들, 밝고 진한 특성 곡선들) 생성되고, 이후 실온에서(30°C; 실선의 특성 곡선들, 밝고 진한 특성 곡선들) 생성된다.

[0106] 90°C의 기판 온도에서 생성된 태양 전지는 더 높은 단락 전류와 더 높은 충전율 모두에 의해 구별된다. 그 이유는 혼합층 DCV5T:C60의 증가된 결정도이다. 혼합층 상에 다시 형성되는 매우 얇은 DCV5T 층은 이제 컴포넌트의 p-사이드 상에 위치하기 때문에 이 경우에는 교란 효과를 갖지 않는다. 대조적으로, 이러한 nip 구성의 경우에 이러한 얇은 DCV5T는 심지어 광전류에 기여하고 그에 따라 컴포넌트의 특성들을 더 개선한다.

[0107] 예시적인 실시예 d)

[0108] 또 다른 예시적 실시예에서, 구성 ITO/ETL/DCV5T:C60/HTL/p-HTL/Au를 갖는 mip 태양 전지가 도 4에서 사용된다. 혼합층 DCV5T:C60은 90°C의 기판 온도에서 생성되었다(밝은 특성 곡선). mip 구조에서, 역시, 양호한 충전율을 갖는 양호한 컴포넌트를 실현하는 것이 가능하다.

[0109] 예시적인 실시예 e)

[0110] 또 다른 예시적 실시예에서, 혼합층의 상이한 층 두께들을 가지는 구성 ITO/C60/DCV5T:C60/p-BPAPF/p-ZnPc(p-아연 프탈로시아닌)(p-zinc phthalocyanine)/Au를 갖는 mip 태양 전지는 도 5에서 사용된다. 혼합층 DCV5T:C60은 실온(30°C)에서 생성되었다. 혼합층들의 층 두께는 10 nm(실선의 특성 곡선들, 밝고 진한 특성 곡선들) 및 20 nm(점선의 특성 곡선들, 밝고 진한 특성 곡선들)이다.

[0111] 더 두꺼운 혼합층을 갖는 컴포넌트가 더 많은 광을 흡수하더라도, 더 두꺼운 혼합층을 갖는 컴포넌트는 더 얇은 혼합층을 가지는 컴포넌트보다 덜 양호하다. 그 이유는 전하 캐리어를 수송하는 경우 실온에서 생성된 혼합층의 열약한 결정도 및 그 결과로 생긴 문제점들 때문이다.

[0112] 예시적인 실시예 f)

[0113] 또 다른 예시적인 실시예에서, 혼합층의 상이한 층 두께들을 갖는 구성 ITO/ETL/DCV5T:C60/HTL/p-HTL/Au를 갖는 mip 태양 전지가 도 6에서 사용된다. 혼합층들 DCV5T:C60은 90°C의 기판 온도에서 생성되었다. 혼합층들의 층 두께는 10 nm(실선의 특성 곡선들, 밝고 진한 특성 곡선들) 및 20 nm(점선의 특성 곡선들, 밝고 진한 특성 곡선들)이다.

[0114] 이 경우에, 더 두꺼운 혼합층을 갖는 컴포넌트는 분명히 더 양호한 컴포넌트이다: 단락 전류는 현저히 더 높아지고 충전율은 단지 약간 낮아지게 되어, 그 결과 더 두꺼운 혼합층을 가지는 컴포넌트는 더 높은 효율성을 갖는다.

[0115] 예시적인 실시예 g)

[0116] 또 다른 예시적인 실시예에서, 혼합층 ZnPc:C60 및 혼합층 DCV5T:C60을 포함하는 pnipnipn 팬덤 전지가 도 7에서 사용되고, 혼합층들은 각각 30°C에서 그리고 90 °C의 기판 온도에서 적용되었다. 팬덤 전지의 구조는 ITO/p-HTL/n-ETL/ETL/ZnPc:C60/p-HTL/n-ETL/ETL/DCV5T:C60/HTL/p-HTL/n-ET/AI이다.

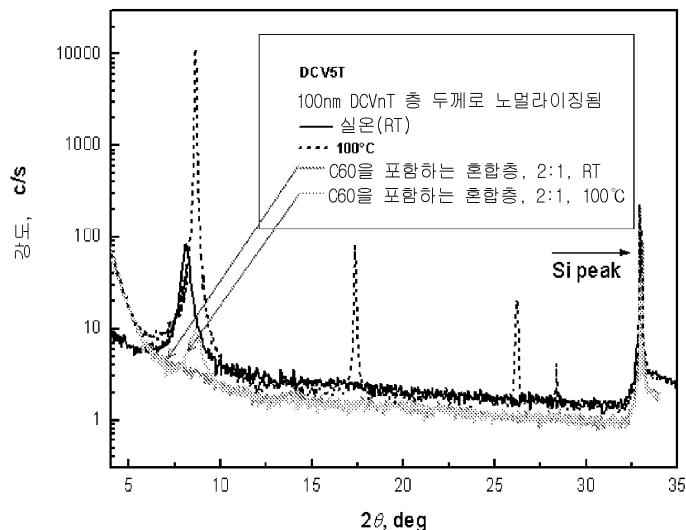
[0117]

하나의 태양 전지(실선의 특성 곡선), ZnPc:C60 혼합층은 30°C에서 생성되었고 DCV5T:C60은 30°C의 기판 온도에서 생성되었다. 제 2 태양 전지(점선의 특성 곡선)의 경우에, 대조적으로 ZnPc:C60 혼합층은 30°C에서 생성되었고 DCV5T:C60은 90°C의 기판 온도에서 생성되었다. 제 2 태양전지가 현저히 더 양호한 충전율을 가지므로 따라서 컴포넌트가 명백히 더 양호한 효율성을 갖는다는 것을 분명히 알 수 있다.

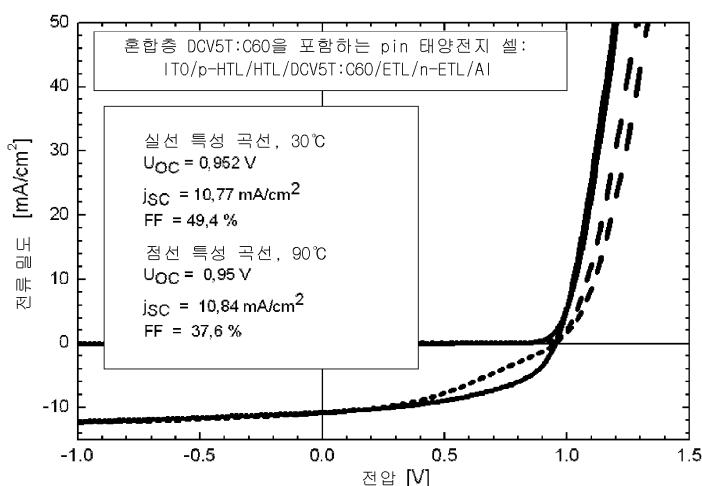
도면

도면1

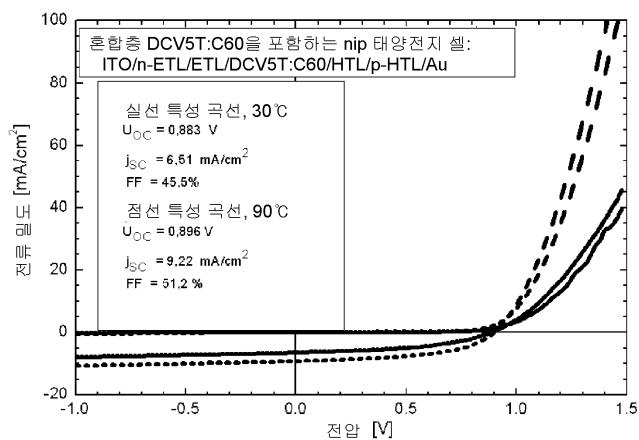
XRD 필름 스펙트럼 DCV5T



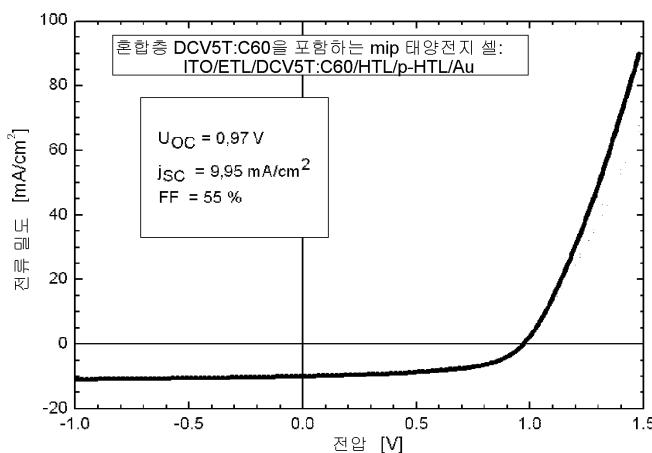
도면2



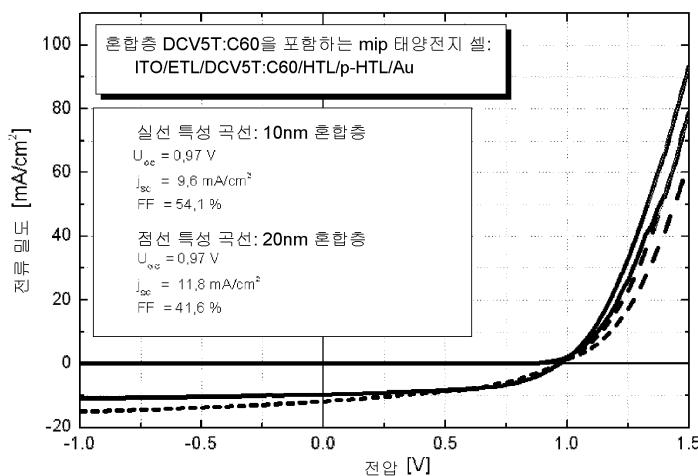
도면3



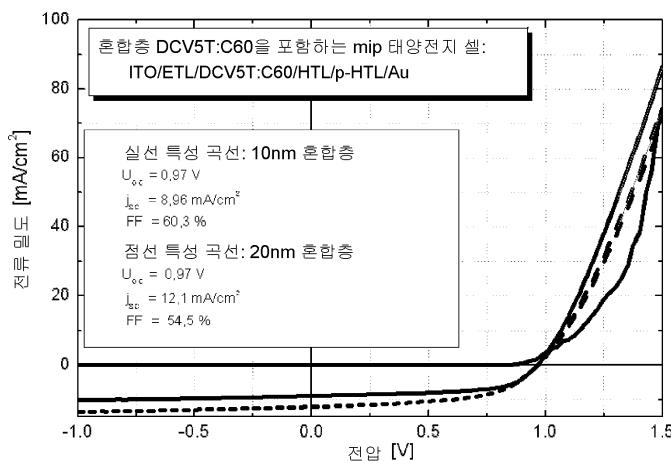
도면4



도면5



도면6



도면7

